CISPR25의 ALSE(Absorber-Lined Shielded Enclosure) 성능 검증 방법에 관한 연구

A Study on the Performance Verification Method of an ALSE(Absorber-Lined Shielded Enclosure) by the CISPR25

신 재 곤 · 정 기 범* · 최 재 훈**

Jaekon Shin · Kibum Jung* · Jaehoon Choi**

요 약

본 논문은 자동차 부품의 EMC 규격인 CISPR25의 ALSE 검증 방법에 관하여 새로운 제안을 하였다. CISPR-16은 NSA와 VSWR 방법을 이용하여 챔버 성능을 검증하도록 하고 있다. 그러나 CISPR25의 ALSE는 아직까지 챔버 검증에 관한 표준 방법이 없다. 본 논문은 이러한 관점에서 CISPR D/A JTF에서 논의가 되고 있는 롱-와이어 안테나 방식의 검증 방법을 기반으로 개선된 성능 검증 방법을 제안하고자 한다. 기존에 논의된 롱-와이어 안테나 방식은 길이 500 mm의 안테나를 제안했지만, 본 논문에서는 1,700 mm 안테나 길이를 제안하였으며, 정합 조건에 따른 영향도 평가와 기존에 제안된 방법과 관련된 문제점 및 중요 파라미터들에 관하여 검증 및 개선 방안을 제안하였다.

Abstract

This paper proposes a new way to verify the performance of an absorber lined shielded enclosure(ALSE) in accordance with CISPR25, EMC standards dedicated to testing automotive components. CISPR16 requires the use of NSA and VSWR methods to test the performance of a chamber. As for CISPR25, however, there hasn't been standardized ways to verify the performance of ALSE. This paper purports to present an improved method for the verification based on a long-wire antenna method under discussion at CISPR25 JFT. Existing discussions on a long-wire antenna method proposes that an antenna should reach 500 millimeters in length, while this paper adopts the antenna length of 1,700 millimeters. This paper also assesses the effects of matching conditions and studies problems related to methods which have been already proposed and key parameters in order to improve verification methods.

Key words : NSA(Normalized Site Attenuation), ALSE(Absorber Line Shielding Enclosure), JTF(Joint-Task Force, CISPR D/A), HEV/EV, CISPR25

I. 서 론

최근 들어 자동차 산업의 전기/전자화로 인하여

전장품의 비율이 점진적으로 증가 추세에 있다. ASV(Advanced Safety Vehicle)의 등장과 HEV/EV의 등장으로 인하여 전장화가 가속화 되고 있다. 그에 따라

교통안전공단 자동차안전연구원(Korea Automobile Testing & Research Institute)

*(주)이엔알텍(E&R Tech, Co., Ltd.)

**한양대학교 전자통신컴퓨터공학과(Department of Electronics & Computer Engineering, Hanyang University)

· Manuscript received June 18, 2013 ; Revised July 17, 2013 ; Accepted August 9, 2013. (ID No. 20130618-11S)

· Corresponding Author : Jaehoon Choi (e-mail : choijh@hanyang.ac.kr)

노이즈 문제도 크게 대두되고 있는 실정이다. 기존 자동차 EMI 단품 규격인 CISPR25 Ed.3.0은 HEV/EV 등장으로 많은 규격적인 변화가 예고되고 있다. 그러나 이러한 전장품의 EMI를 측정하는 시설인 ALSE(Absorber Lined Shielded Enclosure)의 성능 검증 방법이 아직까지 없는 실정이다. 기존 Consumer Electronic 제품의 EMC 측정시설인 반무반사실(semi-anechoic chamber)은 CISPR16에서 성능 검증 방법을 NSA(Normalized Site Attenuation, 30 MHz~1 GHz)로 규정하고 있다. 지금까지 자동차 EMI 규격에서는 이러한 챔버 성능 검증 방법이 없었지만, 최근 CISPR A위원회와 D위원회의 JTF에서 자동차 EMI 챔버의 150 kHz~1 GHz 대역에 대한 성능 검증 방법을 논의하고 있다. 왜냐하면 자동차 EMI 챔버는 기본적으로 자동차 내부 전장품의 메커니즘을 이용하기 때문에 그 필요성이 없었지만, 시험시간 및 각 나라별로 측정 결과의 상이함이 대두되고 있어, 이러한 논의가 시작이 되었다^[1]. 그림 1은 자동차 부품의 EMI 측정을 위한 ALSE 구조를 나타내고 있다.

기본적으로 1 m 범위이기 때문에 CISPR16의 NSA 방법으로 챔버의 성능을 검증할 수 없다. CISPR16과 CISPR25의 챔버 구성 구조가 다르기 때문에 CISPR25의 챔버 성능 검증 방법에 대한 연구가 필요하다. 그림 2는 이러한 원리를 설명하고 있다.

CISPR25의 ALSE는 기본적으로 챔버 바닥의 접지

그림 1. CISPR25의 EMI 측정시설 ALSE
Fig. 1. EMI measurement facilities of ALSE in the CISPR25.

그림 2. CISPR25와 CISPR16의 구조적인 차이점
Fig. 2. Structural differences of between CISPR25 and CISPR16.

면 위로 90 cm까지 접지면이 올라와 있는 구조이며, 안테나 높이가 1 m로 고정이다. 또한, DUT의 케이블이 90 cm 접지 테이블의 10 cm 안쪽에 배치하도록 하고 있다. 따라서 수신 안테나로 직진파만 존재하게 되는데, 이러한 구조에서는 안테나를 기준으로 양 측면이 거의 의미가 없게 된다.

그림 2와 같이 CISPR16의 챔버 구성과 CISPR25의 챔버 구성 구조가 서로 다를 것을 설명한 것이고, CISPR25는 챔버의 유효성 검증 방법이 없다는 것을 표현한 것이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 차이점을 인지하고 CISPR25 Ed. 4 Draft에서 제안한 방법과 본 논문이 제안한 1,700 mm 롱-와이어 안테나의 개선된 방법을 비교하였으며, 주파수 범위는 150 kHz~1 GHz까지이다.

II. CISPR25 Ed.4에서 제안된 방법의 검증 및 문제점

기존에 제안된 방법은 크게 두 가지로 나뉘어진다. 첫 번째는 기준측정 방법이다. 이 방식은 기준 측정을 위해 기준 시험장을 사용한다. 기준 시험장은 OATS 또는 CISPR16-1-4 요건에 맞는 대용 시험장을 말한다. 기준 측정은 정규화 시험장 감쇠(NSA) 측정과 유사한 것으로, 표준 접지 평면이 있는 기준 시험장에서 이루어진다. 30 MHz 이상은 90 cm 높이의 접지면이 있는 테이블에서 기준 안테나를 1 m 거리에 놓고 측정을 실시하여 ALSE와 비교하고, 30 MHz 이하에서는 ALSE 접지 바닥면에 기준 안테나

그림 3. 제안된 롱-와이어 안테나의 검증용 방사체
Fig. 3. Radiator for ALSE validation of proposed long-wire antenna.

를 놓고 측정한 결과와 ALSE 모노폴 안테나로 측정한 결과와 비교하여 측정을 하도록 권고하고 있다. 두 번째 방법은 모델링된 롱-와이어 안테나 측정 방법이다. 본 논문에서는 이 방법에 관하여 연구하도록 하겠다. 그림 3은 기존에 제안된 롱-와이어 안테나 측정 방법의 방사체 구조를 보여주고 있다^{[2]~[4]}.

먼저 동일한 결과를 유추하기 위하여 본 논문에서는 제안된 안테나 방사체 구조를 직접 설계하여 측정을 실시하였다. 롱-와이어 안테나 측정 방법은 그림 4와 같이 측정을 실시한다. 신호 발생기에서 1 Vrms를 주입하고, 1 m 거리에서 측정한 값이 전체 주파수 범위의 90 % 내로 ± 6 dB 이내이면 검증이 완료가 된다.

그림 4와 같은 절차로 측정을 실시하고, 식 (1)과 같이 등가 전계강도를 산출한다.

$$E_{eq} = 120dB\mu V + (M_A - M_o) + k_{AF} \quad (1)$$

여기서, E_{eq} 는 등가 전계강도(dBuV/m)이고, M_A 는

그림 4. 기존에 제안된 측정 방법
Fig. 4. The existing measurement methods proposed.

Radiator for ALSE Validation (VSWR)

그림 5. 시뮬레이션과 측정의 정재파비 비교
Fig. 5. Measured and simulated VSWR compared.

수신 안테나에서 측정된 값이며, M_o 는 직접 케이블과 연결된 EMI 수신기의 측정값이다. k_{AF} 는 수신 안테나의 계수(dB^{-m})가 된다. 즉, 등가 전계강도가 전체 주파수에서 90 % 이내이면 만족되는 것이다. 그림 5는 이러한 모델링된 롱-와이어 안테나에 대한 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio: 정재파비)를 시뮬레이션한 결과이다.

그림 5에서 VSWR의 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 매우 유사함을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 새롭게 제안할 방법에 대한 신뢰성을 구축할 수 있었다. 또한, 신호발생기에서 신호는 인가하고 나서 10 dB 감쇠기를 거쳐게 된다. 이 감쇠기는 광대역 정합을 위해 사용되는 것이다. 그림 6은 이러한 설명을 위해 Agilent사의 ADS(Advanced Design System) 소프트웨어를 이용하여 회로 시뮬레이션 한 결과이다.

기존에 제안된 성능 검증 방법은 MOM(Method of Moment) 시뮬레이션 결과가 기준 측정값이 된다. 따라서 먼저 시뮬레이션 결과와 비교하여 검증을 할 필요가 있다. 본 논문에서는 FDTD(Finite Difference

Broadband Impedance Matching

그림 6. 광대역 정합을 위한 10 dB 감쇠기 검증
Fig. 6. 10 dB attenuator for broadband matching verification.

그림 7. MOM과 FDTD 시뮬레이션 결과 비교
Fig. 7. MOM and FDTD simulation results compared.

Time Domain) 방식의 CST사 툴을 이용하여 검증을 하였다.

그림 7에서 MOM 결과는 기존에 제안된 기준 데이터가 된다. 따라서 본 시뮬레이션 기법이 새롭게 제안할 기본 데이터의 신뢰성을 검증한 것이다. 본 논문에서는 접지면 테이블의 폭의 변화에 따른 변화를 알아보았다. 왜냐하면 각 시험소마다 테이블의 폭이 조금씩 다르기 때문에 그에 대한 기준이 명확해야 하기 때문이다. 그러나 기존에 제안된 검증 방법은 챔버 측면에 대한 영향도를 검증할 수 없는 구조이기 때문에, 폭의 변화가 있어도 데이터 상으로 변화가 없을 것으로 예상된다. 이러한 것이 문제점으로 대두가 된다. 그림 8은 기존에 제안된 챔버 검증 방법에 대하여 접지면 테이블의 폭의 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

또한, 자동차 챔버의 접지면 테이블은 접지 구조가 두 가지로 구분되어 있다. 벽면 접지 구조와 바닥면 접지 구조이며, 이것은 길이와 폭을 7:1 비율로 하도록 명시하고 있다. 기존에 제안된 검증 방법에서 두 가지 접지 구조에 따른 영향도를 그림 9에서 검증하였다.

그림 8. 폭의 변화에 따른 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Simulation results based on the change in the width.

그림 9. 벽면 구조와 바닥면 구조의 접지 방식에 따른 시뮬레이션 결과 비교
Fig. 9. Floor bonding and wall bonding simulation results compared.

그림 10. 부하의 종류별 측정 결과
Fig. 10. Measurement results for each type of load.

그림 9에서 두 가지 형태의 접지 구조 변경에 따라 벽면 구조 접지 구조에서 600 MHz 공진이 사라지는 것을 알 수 있었다. 따라서 벽면 구조 접지 구조가 챔버 성능 검증에 유리함을 알 수 있다. 또한, 기존 방법의 문제점 중에서 50 Ω 부하의 크기에 따른 변화가 매우 중요함을 알 수 있다. 왜냐하면 접지면과 가깝기 때문에 기생 인덕턴스와 커패시터에 의해 공진이 발생할 수 있기 때문이다. 그림 10은 이러한 결과를 보여주고 있다.

결과적으로 측정 결과에서 알 수 있듯이, 챔버 검증 방법에서 부하의 형태나 종류에 대한 명확한 언급이 필요하다고 할 수 있다. 이러한 측정 결과를 통해 30 MHz 이하의 주파수 대역에 대한 영향도를 조사하였다. 그림 11은 30 MHz 이하의 주파수에서 부하 형태에 따른 영향이 훨씬 심하다는 것을 알 수 있다.

그림 11. 30 MHz 이하에서 접지 조건과 부하 영향성
Fig. 11. Bonding and load conditions at less than 30 MHz impact.

결과적으로 기존에 제안된 챔버 성능 검증 방법은 몇 가지 문제점을 노출하였다. 첫 번째, 방사체 구조가 수신 안테나 전면만을 고려한 구조이고(측면의 흡수체가 필요 없을 수도 있음), 두 번째는 부하의 조건별에 대한 영향성이 너무 크며, 세 번째는 접지 구조의 방식에 따른 결과의 차이가 많이 난다. 추가적으로 접지 면 테이블의 폭 크기에 대한 영향도 없다는 것은 전체 접지 저항과 공진에 영향이 존재할 수 있는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 점을 보완하고자 새로운 방사체 구조를 제안하였다.

Ⅲ. 새로운 챔버 성능 검증용 방사 안테나

본 논문은 제2장에서 논의된 문제점 및 검증을 통하여 새로운 방사용 안테나를 제안하였다. 그림 12는 실제 방사 구조 및 형태를 설명하고 있다.

CISPR25 배치에서 EUT와 LISN 사이에 케이블의 구조에 따른 방사가 직진파만 존재하는 것이 아니므로 그림 12와 같은 방사체 구조를 갖는 안테나가 필요할 것으로 판단이 된다. 즉, ALSE의 옆면에 의한 반사파가 존재할 수 있고 반사파는 ALSE의 크기에 의해 특정 주파수에서 측정 오차를 발생시킬 수 있

그림 12. 실제 방사 구조
Fig. 12. Structure of the actual radiation.

그림 13. 챔버 측면이 흡수체인 경우와 전기적 도체인 경우의 시뮬레이션 결과 비교
Fig. 13. The absorber wall and electrical conductors compared the simulation results.

을 것이다. 따라서 챔버의 측면을 전기적으로 도체면을 가상하고 시뮬레이션해 보면 그 결과를 알 수 있을 것이다. 그림 13은 이러한 결과를 보여 주고

그림 14. 새롭게 제안된 방사체 구조
Fig. 14. The proposed structure of the new emitters.

그림 15. 제안된 구조의 VSWR
Fig. 15. VSWR of the proposed structure.

있다.

그림 13의 결과에서처럼 기존 제안된 방법으로 검증 하게 되면, 챔버 측면이 흡수체 구조가 아니어도 크게 관계없다는 결론을 내릴 수 있기 때문에 문제가 된다.

본 논문에서는 그림 12와 같은 조건이 성립되는 방사체 구조를 제안하기 위하여 그림 14와 같이 제안을 하였다. 구조체의 블라켓이 안테나를 바라보게 하였으며, 총 길이는 1,700 mm로 제안을 하여 실제 CISPR25의 부품 배치와 근사한 배치 구조를 갖는 안테나를 제안한다.

그림 14와 같이 제안된 챔버 성능 검증용 롱-와이어 안테나 구조로 실험을 하게 되면 90 % 내로 모든

측정 결과가 만족되는 조건(참고문헌 [1] 참조)이 됨을 알 수 있다. 물론 정재파비는 기존 제안된 안테나 구조가 유리한 면도 있으나, 접합 조건이나 위에서 언급했던 많은 문제점에 대한 편차가 많은 부분 상쇄가 되어 유리한 구조가 된다. 그림 15는 부하 저항에 따른 VSWR의 시뮬레이션 결과이다.

그림 15에서처럼 부하 저항을 150 Ω 으로 했을 경우, VSWR이 향상되는 것을 알 수 있다. 30 MHz 이하의 경우는 향후 연구에서 그 영향성을 조사할 예정이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 CISPR25의 EMI 측정 시설인 AL-SE 성능 검증에 관한 새로운 검증 방법을 제안하였다. 기존에 제시된 검증(안)을 순차적으로 검증하고, 타당성 및 문제점을 열거하였으며, 새로운 구조의 롱-와이어 안테나를 연구 및 제안하였다. 아직 CISPR25의 챔버 성능 검증 방법이 확정이 되지 않았으며, 향후 본 논문에서 제시한 검증용 안테나의 구조를 더욱더 발전시킬 계획이다. 문제점으로 여겨지는 공진 현상을 줄일 수 있도록 향후 연구가 더 진행되어야 할 것으로 판단이 된다.

References

- [1] CISPR 25 Ed. 4 Draft, "CISPR/D/400/CD", 2012.
- [2] L. Turnbull, "The ground plane resonance-problems with radiated emission measurements below 30 MHz", *Automotive EMC Con.*, Newbury UK., 2007.
- [3] Alexander Kriz, Wolfgang Mullner, "Analysis of the CISPR25 component test setup", *2003 International Symposium on EMC*, Istanbul, Turkey, 2003.
- [4] Bongartz, Deckers, Heina, Hirsch, Mooser, Nickel, and Seiger, "Proposal for the validation of absorber lined shielded enclosures for CISPR 25 emission tests", *IEEE Symposium on EMC*, Austin, USA, Aug. 2009.

신 재 곤

1987년 2월: 인하대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 아주대학교 전자공학과 (공학석사)
 2006년 2월: 한양대학교 전자통신전파공학과 박사수료
 1986년~1993년: 현대자동차 제품개발연구소 근무

1993년~현재: 교통안전공단 자동차안전연구원 부연구위원
 [주 관심분야] EMC, 자동차 전기/전자 시스템 평가, 안테나

최 재 훈

1980년: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년: 미국 Ohio State University 전자공학과 (공학석사)
 1989년: 미국 Ohio State University 전자공학과 (공학박사)
 1989년~1991년: 미국 Arizona State University 연구교수

1991년~1995년: 한국통신위성사업단 연구팀장
 1995년~현재: 한양대학교 융합전자공학부 교수
 [주 관심분야] 안테나 및 마이크로파 회로 설계, EMC

정 기 범

1999년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학석사)
 2013년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학박사)
 2004년~2008년: 한국전파진흥협회

전자파기술원((구)EMC기술지원센터) EMC 팀장
 2008년~현재: (주)이엔알텍 대표이사
 [주 관심분야] EMC 회로 설계 및 대책기술, 전자파 수치 해석, System-Level EMC, EFS(전자파안전성)